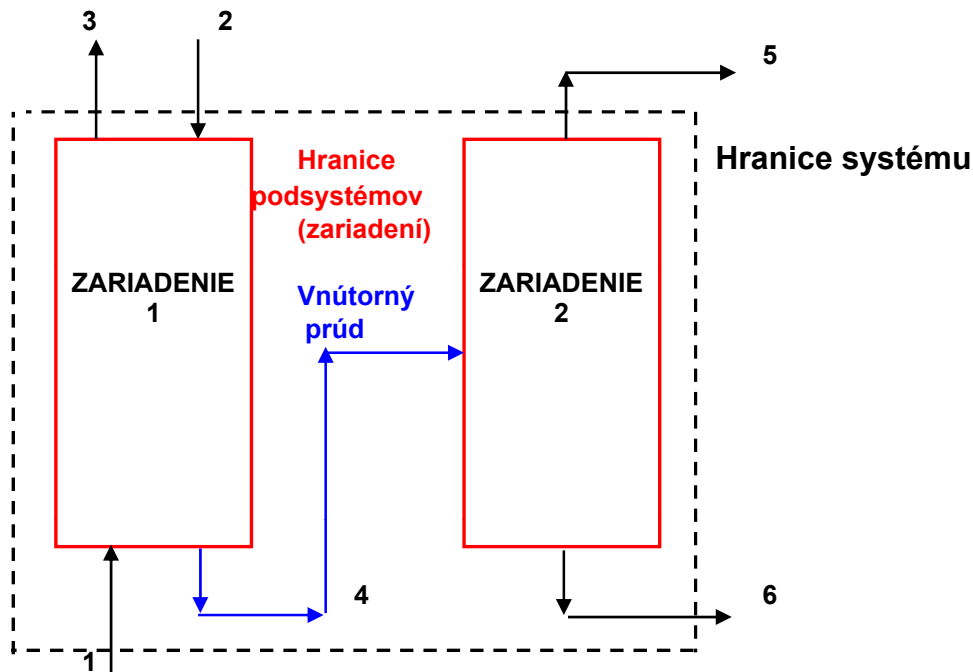


SYSTEM S VIACERÝMI ZARIADENAMI

Väčšina chemicko-inžinierskych systémov pozostáva z viacerých zariadení v ktorých sa uskutočňujú špecifické jednotkové operácie (integrovateľný viaczložkový systém).

Uvažujme bilančný systém zložený z dvoch zariadení so vstupnými a výstupnými prúdmi a prúdom, ktorý prepája obe zariadenia.



Uvažovaný bilančný systém je možné vnímať buď ako **jedno veľké zariadenie**, s príslušnými bilančnými hranicami, alebo ako **systém jednotlivých podsystemov (zariadení)**.

Celková materiálová bilancia.....

V prípade, že bilančný systém vnímame ako jedno zariadenie, bilancujú sa len prúdy vstupujúce resp. vystupujúce z tohto celku (**1, 2, 3, 5, 6**).

Prúd **4** je **vnútorý prúd**, nachádzajúci sa vo vnútri hraníc systému, a preto logicky ani nevystupuje v materiálovej bilancii celého systému.

Z nášho "bilančného pohľadu" je pre nás tento prúd, pri takto zvolených hraniciach systému, "fyzicky neviditeľný"....

Materiálová bilancia podsystemu.....

V prípade, že je bilančný systém rozdelený na podsystemy, rieši sa každý podsystem resp. zariadenie osobitne, ak je zariadenie zároveň aj bilančným podsystemom.

Z uvedeného vyplýva, že pre systém s dvoma podsystemami (zariadeniami) je možné napísať tri systémy rovníc: celkovú materiálovú bilanciu a bilanciu pre každý podsystem, avšak len dva z nich sú nezávislé.

Tretí systém vznikne ako kombinácia predošlých dvoch.

Napr. sčítaním materiálových bilancií podsystemov dostaneme celkovú materiálovú bilanciu systému.

V bilančnom systéme s tromi a viac zariadeniami okrem materiálových bilancii jednotlivých zariadení a celkovej materiálovej bilancie je možné zostaviť rôzne iné, logicky opodstatnené, kombinácie podsystémov.

V konečnom dôsledku však každá kombinácia systémov rovníc môže byť zredukovaná na systém materiálových bilancii jednotlivých zariadení.

Príklad 7

Zmes uhľovodíkov (surovina), s obsahom (hmot. %) 40 % benzénu, 30 % cyklohexénu, 25 % cyklohexánu a 5 % izohexánu, vstupuje do protiprúdovej extrakčnej kolóny. Hmotnostný tok suroviny je 1000 kg/h. Extrakčným činidlom je čistý fural vstupujúci do kolóny o hmotnostnom toku 1200 kg/h.

Odchádzajúci extrakt obsahuje fural, 85 percent z množstva benzénu v surovine, 70 percent cyklohexér zo suroviny a 35 percent cyklohexánu zo suroviny. Rafinát obsahuje všetok izohexán, 10 hmot. % furalu, benzén, cyklohexén a cyklohexán

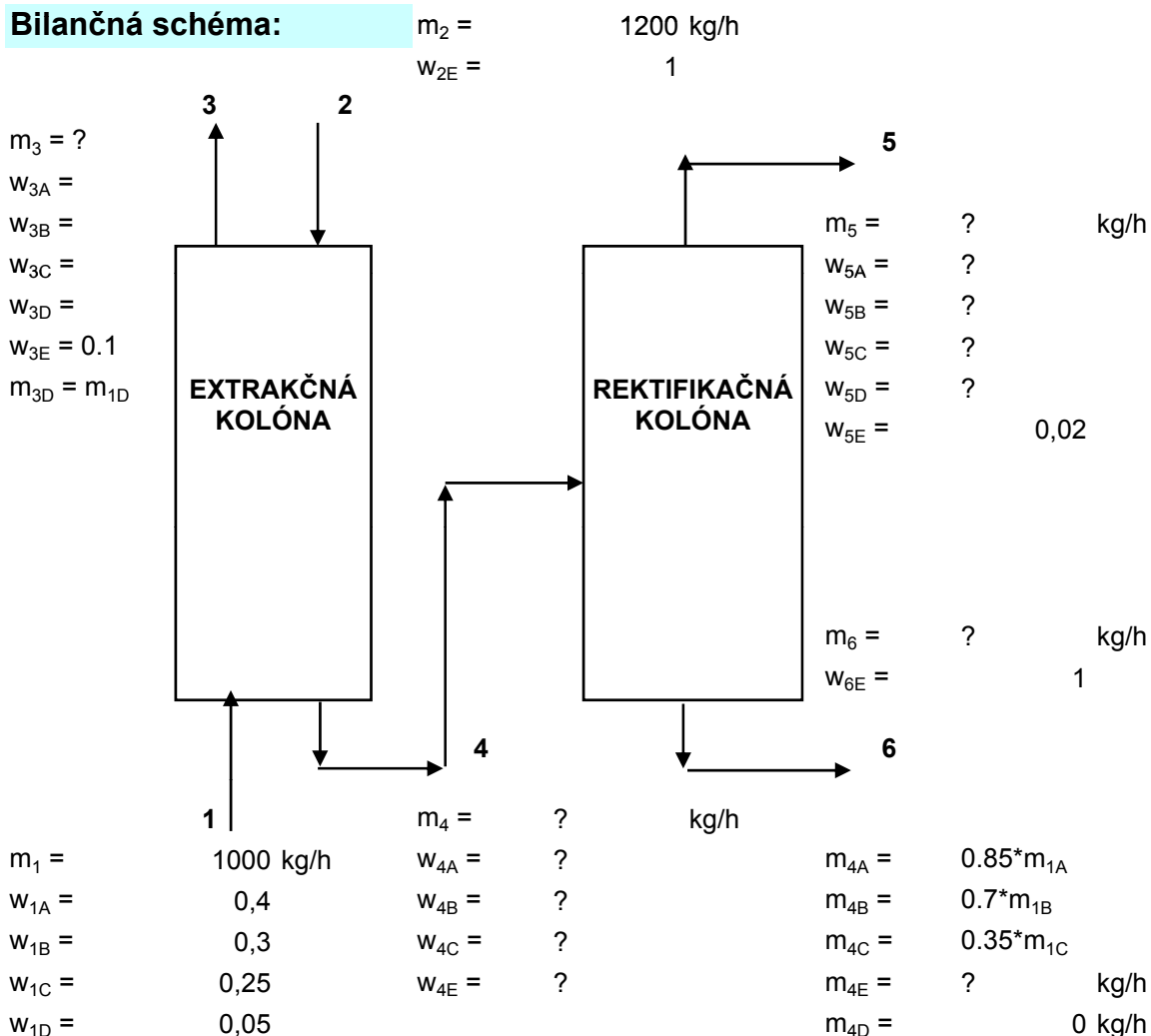
Extrakt odchádzajúci z extrakčnej kolóny je privádzaný ako surovina do rektifikačnej kolóny.

Produktami tohto procesu sú zvyšok, obsahujúci len čistý fural a destilát s obsahom 2 hmot. % furalu.

Vypočítajte:

- Hmotnostný tok rafinátu a extraktu a ich zloženie.
- Hmotnostný tok destilátu a jeho zloženie.
- Straty furalu (v %) v rafináte a destiláte vzhľadom na množstvo furalu vstupujúce do extrakčnej kolóny ako extrakčné činidlo.

Bilančná schéma:



Prúdy:

- 1- surovina do extrakčnej kolóny
- 2 - extrakčné činidlo
- 3 - rafinát
- 4 - extrakt
- 5 - destilát
- 6 - zvyšok

Zložky:

- A - benzén
- B - cyklohexén
- C - cyklohexán
- D - izohexán
- E - fural

Riešenie:

Bilančný systém obsahuje dve zariadenia - extrakčnú a rektifikačnú kolónu.

Na základe informácií, ponúkané zadaním, bude rozumné si rozdeliť bilančný systém na dva podsystemy. Hranice podsystemov budú teraz totožné so stenami oboch zariadení.

Výpočet bude naštartovaný bilanciou protiprúdovej extrakčnej kolóny, kde sa nachádzajú aj oba definované základy výpočtu. Následne sa dobilancuje aj rektifikačná kolóna, kde už budeme poznať, ako dôležitý východiskový údaj, zloženie a hmotnostný tok vstupujúcej suroviny (extrakt z extrakčnej kolóny).

Pred samotným zostavením a riešením materiálovej bilancie extrakčnej kolóny je rozumné výpočtovo spracovať časť, či už priamo resp. nepriamo ponúkaných, informácií zo zadania.

Materiálová bilancia extrakčnej kolóny

Výpočet hmotnostných tokov rafinátu a extraktu

$$m_3 = ? \quad \text{kg/h}$$

$$m_4 = ? \quad \text{kg/h}$$

Z priamo (explicitne) ponúkaných informácií zo zadania vyplýva:

$$m_{4A} = 0.85 \cdot m_{1A} \quad m_{4A} = 340 \text{ kg/h}$$

$$m_{4B} = 0.7 \cdot m_{1B} \quad m_{4B} = 210 \text{ kg/h}$$

$$m_{4C} = 0.35 \cdot m_{1C} \quad m_{4C} = 87,5 \text{ kg/h}$$

$$m_{4D} = 0$$

$$m_{4E} = ? \quad \text{kg/h}$$

$$m_1 = 1000 \text{ kg/h} \quad \text{Jeden z dvoch definovaných základov výpočtu...}$$

$$w_{1A} = 0,4$$

$$w_{1B} = 0,3$$

$$w_{1C} = 0,25$$

Aplikujú informácie o extrakte pre rafinát, musí pre rafinát logicky platiť:

Extrakt

Rafinát

$$m_{4A} = 0.85 \cdot m_{1A} \quad \longrightarrow \quad m_{3A} = (1 - 0.85) \cdot m_{1A} \quad m_{3A} = 60 \text{ kg/h}$$

$$m_{4B} = 0.7 \cdot m_{1B} \quad \longrightarrow \quad m_{3B} = (1 - 0.7) \cdot m_{1B} \quad m_{3B} = 90 \text{ kg/h}$$

$$m_{4C} = 0.35 \cdot m_{1C} \quad \longrightarrow \quad m_{3C} = (1 - 0.35) \cdot m_{1C} \quad m_{3C} = 162,5 \text{ kg/h}$$

$$m_{4D} = 0 \cdot m_{1D} \quad \longrightarrow \quad m_{3D} = (1 - 0) \cdot m_{1D} \quad m_{3D} = 50 \text{ kg/h}$$

Hmotnostný zlomok furalu v rafináte podľa zadania príkladu je:
 $w_{3E} = 0,1$ t. j. fural tvorí 10 percent z množstva rafinátu a zvyšné zložky musia v odchádzajúcom rafináte tvoriť 90 percent.

$$m_{3A} + m_{3B} + m_{3C} + m_{3D} = 0,9 \cdot m_3 \longrightarrow m_3$$

a upraviac to na väzbové pravidlo

$$w_{3A} + w_{3B} + w_{3C} + w_{3D} = 0,9$$

$$m_3 = 402,778 \text{ kg/h}$$

$w_{3E} =$	0,1
$m_{3E} =$	40,27778 kg/h

Hmotnostný tok extraktu sa dopočíta z materiálovej bilancie extrakčnej kolóny:

$$m_4 = m_1 + m_2 - m_3$$

$$m_1 = 1000 \text{ kg/h}$$

$$m_2 = 1200 \text{ kg/h}$$

$$m_4 = 1797,22 \text{ kg/h}$$

$$m_3 = 402,778 \text{ kg/h}$$

Materiálová bilancia - Extrakčná kolóna

Prúdy Zložky	1	2	3	4
A: Benzén	$m_1 \cdot w_{1A}$ 400		$m_3 \cdot w_{3A}$ 60	$m_4 \cdot w_{4A}$ 340
B: Cyklo hexén	$m_1 \cdot w_{1B}$ 300		$m_3 \cdot w_{3B}$ 90	$m_4 \cdot w_{4B}$ 210
C: Cyklo hexán	$m_1 \cdot w_{1C}$ 250		$m_3 \cdot w_{3C}$ 162,5	$m_4 \cdot w_{4C}$ 87,5
D: Izo hexán	$m_1 \cdot w_{1D}$ 50		$m_3 \cdot w_{3D}$ 50	
E: Fural		$m_2 \cdot w_{2E}$ 1200	$m_3 \cdot w_{3E}$ 40,27778	$m_4 \cdot w_{4E}$ 1159,722
Σ	m_1 1000	m_2 1200	m_3 402,778	m_4 1797,22

Definované základy výpočtu:

$$m_1 = 1000 \text{ kg}$$

$$m_2 = 1200 \text{ kg}$$

Zloženie extraktu:

$$w_{4A} = 0,189$$

$$w_{4B} = 0,117$$

$$w_{4C} = 0,04869$$

$$w_{4E} = 0,64529$$

Zloženie rafinátu:

$$w_{3A} = 0,14897$$

$$w_{3B} = 0,22345$$

$$w_{3C} = 0,40345$$

$$w_{3D} = 0,12414$$

$$w_{3E} = 0,1$$

Materiálová bilancia rektifikačnej kolóny teraz už môže byť dopočítaná s ľahkosťou šepotu jemnučkých hodvábných motýľích krídiel pri sladko spinkajúcom vetríku za jasnej noci Svätojánskej.....

Základom výpočtu je hmotnostný tok extraktu, ktorý je privádzaný ako surovina do rektifikačnej kolóny.

$$m_4 = 1797,222 \text{ kg/h}$$

Materiálová bilancia rektifikačnej kolóny

Prúdy	4	6	5
Zložky			
A: Benzén	$m_4 \cdot w_{4A}$ 340		$m_5 \cdot w_{5A}$ 340
B: Cyklohexén	$m_4 \cdot w_{4B}$ 210		$m_5 \cdot w_{5B}$ 210
C: Cyklohexán	$m_4 \cdot w_{4C}$ 87,5		$m_5 \cdot w_{5C}$ 87,5
E: Fural	$m_4 \cdot w_{4E}$ 1159,722	$m_6 \cdot w_{6E}$	$m_5 \cdot w_{5E}$
Σ	m_4 1797,22	m_6	m_5

$$\begin{aligned}
 m_5 &= ? \quad \text{kg/h} \\
 w_{5A} &= ? \\
 w_{5B} &= ? \\
 w_{5C} &= ? \\
 w_{5D} &= ? \\
 w_{5E} &= 0,02 \\
 m_6 &= ? \quad \text{kg/h} \\
 w_{6E} &= 1
 \end{aligned}$$

Výpočet hmotnostných tokov destilátu a zvyšku:

$$m_5 = ? \quad \text{kg/h}$$

$$m_6 = ? \quad \text{kg/h}$$

$$m_{5A} = 340 \quad \text{kg/h}$$

$$m_{5B} = 210 \quad \text{kg/h}$$

$$m_{5C} = 87,5 \quad \text{kg/h}$$

Hmotnostný zlomok furalu v destiláte je:

$$w_{5E} = 0,02$$

Z uvedenej informácie vyplýva, že zvyšné zložky v tomto prúde tvoria 98 percent z celkového množstva odoberaného destilátu.

$$m_{5A} + m_{5B} + m_{5C} = 0,98 \cdot m_5 \quad \longrightarrow \quad m_5$$

aplikujúc na väzbové pravidlo

$$w_{5A} + w_{5B} + w_{5C} = 0,98$$

$$m_5 = 650,51 \quad \text{kg/h}$$

$w_{5E} =$	0,02
$m_{5E} =$	13,0102 kg/h

Hmotnostný tok zvyšku dopočítame z materiálovej bilancie rektifikačnej kolóny:

$$m_6 = m_4 - m_5$$

$$m_4 = 1797,222 \quad \text{kg/h}$$

$$m_5 = 650,5102 \quad \text{kg/h}$$

$$m_6 = 1146,71 \quad \text{kg/h}$$

Prúdy	4	6	5
Zložky			
A: Benzén	$m_4 \cdot w_{4A}$ 340		$m_5 \cdot w_{5A}$ 340
B: Cyklo hexén	$m_4 \cdot w_{4B}$ 210		$m_5 \cdot w_{5B}$ 210
C: Cyklo hexán	$m_4 \cdot w_{4C}$ 87,5		$m_5 \cdot w_{5C}$ 87,5
E: Fural	$m_4 \cdot w_{4E}$ 1159,722	$m_6 \cdot w_{6E}$ 1146,712	$m_5 \cdot w_{5E}$ 13,0102
Σ	m_4 1797,22	m_6 1146,71	m_5 650,51

Zloženie destilátu:

$$w_{5A} = 0,523$$

$$w_{5B} = 0,323$$

$$w_{5C} = 0,13451$$

$$w_{5E} = 0,02$$

Straty furalu (v %) v rafináte a destiláte vzhľadom na množstvo furalu vo vstupujúcom extrakčnom činidle

$$\eta = [(m_{3E} + m_{5E})/m_{2E}] \cdot 100 \%$$

$$\eta = 4,44067 \%$$

$$m_{3E} = 40,27778 \text{ kg/h}$$

$$m_{5E} = 13,0102 \text{ kg/h}$$

$$m_{2E} = 1200 \text{ kg/h}$$